



Commando DienstenCentra  
*Ministerie van Defensie*

## **Rapportage Luchtmetingen Kandahar Airfield, Afghanistan**

Versie 2.0

Datum            24 maart 2010  
Status            Definitief

## Colofon

Contactpersoon	Bedrijfsgroep Gezondheidszorg Arbodienst Defensie Postbus 185 3940 AD Doorn T 0343-598 811 Arbodienst.Defensie@mindef.nl
Versie	2.0
Projectnummer	2010100498

## Managementsamenvatting

Onder personeel werkzaam in Area 3&4 op Kandahar Airfield (KAF) in Afghanistan is onrust ontstaan over de luchtkwaliteit veroorzaakt door twee mogelijke bronnen, enerzijds de naastgelegen afvalverbranding, anderzijds opwaaiend stof door transportbewegingen. Hoofd Afdeling Gezondheidszorg Staf CLAS heeft daarom de Arbodienst Defensie verzocht om de luchtkwaliteit te beoordelen.

### *Bevindingen*

Tijdens het onderzoek op KAF (november-december 2010) zijn op het Nederlandse gedeelte van de compound geen risicovolle luchtconcentraties PAKs, dioxine, zware metalen en gasvormige componenten (zwaveldioxide, stikstofoxiden en BTEX) aangetroffen die afkomstig kunnen zijn van de verbrandingsovens.

Het optreden van acute, reversibele gezondheidseffecten zoals luchtwegklachten is op basis van de gemeten dagblootstelling aan stof (PM10) niet uit te sluiten. Voor een risicobeoordeling gericht op chronische effecten is de fractie fijn stof (PM2.5) meer relevant. PM2.5 is alleen gemeten tijdens de werkzaamheden in Area 1&2 waarbij stofproductie aanzienlijk is. Bij chronische, continue blootstelling aan de gemeten concentraties PM2.5 zijn gezondheidseffecten niet uit te sluiten. De concentratie kwarts in PM2.5 is lager dan de arbonorm.

Ter indicatie: de huidige meetresultaten voor stof waren enigszins hoger dan gemeten in Kandahar door de Canadezen, maar lager in vergelijking met een Amerikaans en Brits onderzoek aldaar.

### *Aanbevelingen*

Gelet op het potentiële risico van afvalverbranding is het belangrijk om een mogelijk gezondheidsrisico tijdig te onderkennen, te voorkomen/reduceren en/of te (laten) onderzoeken. Naast de samenstelling en het aanbod van afval en de wijze van verbranding zijn tevens de meteorologische omstandigheden van invloed op de emissie en mogelijke blootstelling. De weersomstandigheden fluctueren sterk gedurende het jaar. Aanbevolen wordt om tevens blootstellingsmetingen uit te voeren gedurende een periode waarbij sprake is van ongunstiger omstandigheden.

Om de stofbelasting zoveel mogelijk terug te dringen zijn zowel persoonlijke (gedrag) als algemene maatregelen aan te bevelen zoals het plaatsen van stoffilters in airco's, gebruik van mondkapjes (tijdens zandstormen en transport), aanleggen van verharde wegen en het geven van voorlichting.

Aanbevolen wordt (langdurige) monitoringsprogramma's op te zetten om inzicht te krijgen in de blootstelling gedurende de (gehele) uitzendperiode. Daarnaast dient het voortschrijdend wetenschappelijk inzicht te worden gevolgd ten behoeve van een adequate, actuele risicobeoordeling.

## Inhoud

	<b>Colofon</b>	<b>2</b>
	<b>Managementsamenvatting</b>	<b>3</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>5</b>
1.1	Aanleiding	5
1.2	Doelstelling	5
<b>2</b>	<b>Uitvoering onderzoek</b>	<b>6</b>
2.1	Situatieschets	6
2.2	Onderzoeksopzet	7
2.2.1	Meetlocaties	7
2.2.2	Monitoring emissie verbrandingsovens	7
2.2.2.1	PM10	7
2.2.2.2	Gasvormige componenten	7
2.2.3	Momentane metingen gasvormige componenten	8
2.2.4	Meting (zand)stofblootstelling	8
2.3	Mogelijke gezondheidseffecten	8
<b>3</b>	<b>Risico-analyse</b>	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>Resultaten</b>	<b>12</b>
4.1	Omstandigheden	12
4.2	PM10	13
4.2.1	Metalen	14
4.2.1.1	Chroom	14
4.2.1.2	Mangaan	14
4.2.1.3	Nikkel	14
4.2.1.4	Koper	14
4.2.1.5	Zink	14
4.2.1.6	Arseen	14
4.2.1.7	Cadmium	15
4.2.1.8	Lood	15
4.2.1.9	Samenvatting zware metalen	15
4.2.2	PAK's	15
4.2.3	Dioxines	16
4.3	PM2.5 en kwarts	16
4.4	Gasvormige componenten	17
4.4.1	Zwaveldioxide	18
4.4.2	Stikstofdioxide	18
4.4.3	BTEX	18
4.4.4	Momentane metingen	18
<b>5</b>	<b>Discussie</b>	<b>20</b>
5.1	Vergelijking met eerder onderzoek KAF	21
<b>6</b>	<b>Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>23</b>
6.1	Conclusie	23
6.2	Aanbevelingen	24
	<b>Literatuur</b>	<b>25</b>
<b>Bijlage</b>	<b>Meetgegevens</b>	

## 1 Inleiding

### **1.1 Aanleiding**

Onder personeel werkzaam in Area 3&4 op Kandahar Airfield (KAF) in Afghanistan is onrust ontstaan over de luchtkwaliteit. De verontreiniging van de lucht wordt toegeschreven aan twee mogelijke bronnen, enerzijds de naastgelegen afvalverbranding, anderzijds opwaaiend stof door transportbewegingen. Hoofd Afdeling Gezondheidszorg Staf CLAS heeft daarom verzocht metingen uit te voeren om de luchtkwaliteit te kunnen beoordelen.

### **1.2 Doelstelling**

De Arbodienst Defensie zal HPG CLAS ondersteunen bij de opzet en uitvoering van metingen op KAF en is verantwoordelijk voor de analyse en de rapportage. De metingen zijn enerzijds gericht op het vaststellen van de concentratie vaste en de gasvormige bestanddelen zoals vrij kunnen komen bij verbrandingsprocessen; anderzijds is de (zand)stofbelasting gemeten.

## 2 Uitvoering onderzoek

Dit hoofdstuk beschrijft de uitvoering van het onderzoeken. Paragraaf 2.1 beschrijft de situatie ter plaatse, paragraaf 2.2. de onderzoeksopzet. Paragraaf 2.3 geeft voor de bemeten stoffen de mogelijke gezondheidseffecten.

### 2.1 Situatieschets

Area 3&4 is medio 2010 in gebruik genomen voor de redeployment fase. Overdag zijn hier 6-10 Nederlandse militairen bezig met aan- en afvoer van goederen zoals het beladen en ontladen van voertuigen en containers. Dit terrein wordt permanent bewaakt door Nederlandse militairen. 's Nachts wordt in dit gebied door 2 personen wacht gelopen; in totaal zijn er 10 wachtlopers die rouleren over Area 1&2 en Area 3&4. Op Area 1&2 vindt o.a. de inname van goederen plaats en het onderhoud aan voertuigen. Area 1&2 ligt naast een doorgaande zandweg. Area 3&4 en Area 1&2 zijn beiden bedekt met grote kiezels.

Naast Area 3&4 staan 6 verbrandingsovens opgesteld; ook is er een burnpit aanwezig waar smeulend as in wordt gedeponeerd. In de ovens wordt al het afval van de base verbrand. De ovens zijn circa 10 meter hoog. De aanvoer van afval geschiedt met vuilniswagens. Met bulldozers wordt het afval van bovenaf in de oven geladen.

Tussen de ovens en Area 3&4 staan containers opgesteld, variërend van 1-4 hoog. De afstand tussen het werkgebied van de Nederlanders in Area 3&4 en de ovens bedraagt circa 60 meter. De ovens bevinden zich op circa 800-1000 meter ten zuid-oosten van Kamp Holland. Area 1&2 bevindt zich op circa 800 meter ten westen van de ovens.

Overdag zijn 1-2 ovens in gebruik; 's nachts zijn alle ovens in gebruik. Het afval is zeer divers maar bevat veel plastic (eetgerei), etensresten, papier en hout. In de ovens wordt eerst met papier en hout een goed vuur gemaakt waarna het restafval erop wordt gedeponeerd. Accu's en autobanden worden apart ingezameld maar er is geen zicht op of dit afval eveneens in de ovens belandt. De temperatuur in de ovens is naar zeggen minimaal 800 °C. In totaal wordt circa 90 ton afval per dag verbrand door contractors.

Op KAF vinden veel vliegbewegingen plaats. Er is één landingsbaan ten noorden van Kamp Holland. Dit is de drukste "single runway" ter wereld. Op ongeveer 1,5 km ten zuid-oosten van de base bevindt zich Camp Hero waar eveneens rookpluimen zichtbaar zijn.

## 2.2 Onderzoeksopzet

In de periode november-december 2010 zijn op verschillende locaties luchtmetingen uitgevoerd op KAF. Het meetplan bestaat uit drie delen: monitoren van de emissie van de verbrandingsovens; momentane metingen naar enkele gasvormige componenten en de metingen gericht op stofblootstelling.

Tijdens het onderzoek zijn de weersomstandigheden, eventuele (geur)hinder door de emissie en andere bijzonderheden geregistreerd.

Alle metingen zijn ter analyse aangeboden aan het geaccrediteerde laboratorium RPS Analyse bv te Ulvenhout.

### 2.2.1 Meetlocaties

De metingen zijn uitgevoerd op leefniveau op verschillende locaties op Kandahar Airfield. In Area 3&4 is op 2 locaties gemeten: locatie A bevindt zich daar waar de werkzaamheden daadwerkelijk plaatsvinden en locatie B is aan de meest afgelegen rand van Area 3&4 (NW) (monstername op ca 2 m hoogte). Op meetlocatie C en D is de concentratie gasvormige stoffen gemeten gedurende 14 dagen. Het meetpunt bevond zich hier op ca 2,5 m hoogte. Meetlocatie C is nabij locatie A en locatie D bevindt zich in het midden van Area 3&4. Meetlocatie E bevindt zich in Area 1&2. Op Kamp Holland is eveneens gemeten, zowel buiten (locatie F) als binnen in twee chalets (locatie G en H).

### 2.2.2 Monitoring emissie verbrandingsovens

Bij de verbranding van afval kunnen vele chemische stoffen vrijkomen, afhankelijk van de samenstelling van het afval en de verbrandingscondities. Dit kan per dag variëren. Op basis van literatuuronderzoek is een aantal componenten geselecteerd die vrijwel altijd vrijkomen bij dergelijke processen, te weten zware metalen, PAKs (polycyclische aromatische koolwaterstoffen), dioxines, stikstof(di)oxide, zwaveldioxide, vluchtige organische verbindingen en koolmonoxide. De concentratie vaste en gasvormige componenten is met verschillende monstername-apparatuur gemeten.

#### 2.2.2.1 PM10

De luchtkwaliteit is gedurende zes weken continu gemeten met behulp van luchtpompen. Hiertoe zijn ESC pompen gebruikt, ingesteld op een debiet van 10 l/min. Met behulp van een PM10 meetkop is op een kwartsfilter gedurende circa 24 uur het stof afgevangen. Dit betreft de inhaalbare stoffractie die via inademing in het lichaam terecht kan komen. Op een selectie van de filters is een nadere analyse uitgevoerd naar zware metalen, PAKs en dioxine. De metingen zijn uitgevoerd in Area 3&4 en op Kamp Holland.

#### 2.2.2.2 Gasvormige componenten

Met behulp van Gradko diffusiebuizen is de concentratie van een aantal gasfracties bepaald, te weten stikstofdioxide, zwaveldioxide en BTEX (benzeen, toluen,

ethylbenzeen en xylenen). Deze buizen zijn gedurende 2 weken opgehangen m.b.v. de meegeleverde shelters. In totaal zijn er per component 3 metingen uitgevoerd.

### 2.2.3 *Momentane metingen gasvormige componenten*

Om de momentane concentratie van enkele gassen te kunnen meten is een MX6 gasmonitor gebruikt. Met dit apparaat wordt elke minuut de concentratie koolmonoxide, zwaveldioxide, stikstofoxide, stikstofdioxide en isobutyleen (als indicator voor VOC, vluchtige organische componenten) vastgelegd. De metingen zijn zowel geurende langere tijd stationair uitgevoerd als ook kortdurend op specifieke locaties met mogelijke piekblootstelling.

### 2.2.4 *Meting (zand)stofblootstelling*

Stofblootstelling kan plaatsvinden door o.a. zandstormen en opwerveling van bodemstof door transportbewegingen. Daartoe is de fractie PM<sub>2.5</sub> gemeten met een ESC pomp (debiet 10 l/min) gedurende circa 8 uur. Een deel van de gebruikte MCE filters is tevens geanalyseerd op aanwezigheid van kwarts. De metingen zijn uitgevoerd in Area 1&2 gedurende 2 weken (7-19 november). Deze locatie is gekozen vanwege de ligging nabij een (onverharde) transportroute.

## 2.3 **Mogelijke gezondheidseffecten**

Hieronder volgt per gemeten component een korte indicatie van mogelijke gezondheidseffecten.

Blootstelling aan fijn stof wordt in verband gebracht met acute, reversibele effecten als oog- en luchtwegirritatie, benauwdheid en hoesten, met een verhoogd risico voor personen met luchtwegaandoeningen en hart- en vaatziekten. Studies wijzen uit dat er geen veilige ondergrens is bij blootstelling aan fijn stof: op basis van de huidige inzichten is geen concentratie in de lucht aan te geven waaronder geen gezondheidseffecten bij de mens optreden. Hoe hoger de concentraties zijn hoe schadelijker voor de gezondheid. De huidige normen zijn derhalve een compromis tussen gezondheidsbelangen en socio-economische belangen. Irreversibele gezondheidseffecten na langdurige blootstelling aan stof worden voornamelijk geassocieerd met de fractie PM<sub>2.5</sub>, de fijnere fractie die dieper in de longen penetreert. De fractie PM<sub>10</sub> is voornamelijk relevant voor de inschatting van acute effecten.

PAKs is een verzamelnaam voor een grote groep aromatische koolwaterstofverbindingen. Sommige PAK's zijn ingedeeld als kankerverwekkend, mutageen en vergiftig voor de voortplanting. Dit geldt o.a. voor benzo(a)pyreen, een stof die vaak dient als kwalitatieve en kwantitatieve indicator voor de aanwezigheid van PAK's.

Metalen hebben meestal een lage acute toxiciteit; effecten treden met name op bij chronische blootstelling. Mogelijke effecten op de organen variëren per metaal,



bijvoorbeeld nierschade door cadmium. Sommige metalen zijn schadelijk voor de ontwikkeling van het kind (lood) en enkele zijn verdacht of bewezen kankerverwekkend (arseen, nikkel).

Dioxinen komen voornamelijk vrij als bijproduct bij verbrandingsprocessen en zijn zeer persistent. Verspreiding van persistente verontreinigingen gaat hoofdzakelijk via de lucht en komen vervolgens terecht op gewassen, de bodem en in water. Door hun lipofiele eigenschappen (vetoplosbaar) treedt vervolgens stapeling op in met name dierlijk vetweefsel. De blootstelling van mensen aan dioxinen en dioxine-achtige stoffen is normaliter voor meer dan 95% via de voeding, vooral via het eten van dierlijke producten. Dioxinen zijn mogelijk kankerverwekkend en schadelijk voor afweer en voortplanting.

Nadelige effecten door blootstelling aan stikstofoxiden treden op bij kortdurende blootstelling aan hoge niveaus en bij chronische blootstelling aan lage niveaus; dit betreft met name de stikstofdioxide fractie. Stikstofdioxide heeft een direct effect op de mens in de vorm irritatie aan de huid, ogen en slijmvliezen; indirect verlaagt stikstofdioxide de weerstand. Bij gevoelige personen, zoals mensen met CARA, heeft stikstofdioxide al bij kortdurende blootstelling nadelige effecten op de longfunctie.

Zwavedioxide is bij inademing irriterend voor de ogen en de ademhalingswegen, vooral voor CARA-patiënten. Ook bij gezonde mensen kan zwavedioxide leiden tot luchtwegaandoeningen en schade aan longweefsel veroorzaken.

Benzeen is een carcinogene stof en kan leukemie veroorzaken. Ethylbenzeen irriteert de ogen, de huid en de ademhalingsorganen; bij hoge mate van blootstelling kan er schade optreden aan organen zoals de lever en de nieren. Xylenen en tolueen zijn reproductietoxisch. Xylenen zijn daarnaast kankerverwekkend en irriteren de huid. Blootstelling aan tolueen kan leiden tot schadelijke effecten op het centrale zenuwstelsel.

De symptomen van blootstelling aan koolmonoxide zijn hoofdpijn, misselijkheid, duizeligheid en vermoeidheid. Bij langdurige, hoge blootstelling wordt dit gevolgd door bewusteloosheid en mogelijk de dood door zuurstofgebrek in de hersenen.

VOC zullen in eerste instantie stankoverlast veroorzaken. Daarnaast kunnen ze na inademing klachten veroorzaken zoals hoofdpijn, vermoeidheid, en irritatie van de neus, keel en ogen.

### 3 Risico-analyse

Blootstelling aan chemische stoffen wordt normaliter getoetst aan grenswaarden die zijn afgestemd op het type blootstelling dat plaatsvindt. Door de specifieke omstandigheden tijdens operationele omstandigheden wordt de gemeten blootstelling aan meerdere typen grenswaarden getoetst. Dit hoofdstuk beschrijft ten eerste de verschillende typen grenswaarden en vervolgens hoe de Arbodienst Defensie deze toepast.

Voor een continue blootstelling (24 uur per dag) van de algemene bevolking, gedurende het gehele leven (100 jaar) zijn milieunormen opgesteld, de Maximaal Toelaatbare Risico's (MTR). Belangrijk uitgangspunt bij deze milieunormen is dat ze zijn afgestemd op de algemene bevolking, dus inclusief kwetsbare groepen als kinderen en bejaarden. Tevens zijn er achtergrondconcentraties (AC) in Nederland bekend voor verschillende componenten<sup>1</sup>.

Voor discontinue blootstelling (8 uur per werkdag) gedurende het gehele 'werkzame' leven (40 jaar) zijn wettelijke grenswaarden opgesteld, hierna genoemd 'arbonormen'. Voor stoffen waarvoor geen wettelijke, publieke grenswaarden zijn opgesteld, dient de werkgever zelf private grenswaarden op te stellen, waarbij gebruik kan worden gemaakt van andere buitenlandse of binnenlandse grenswaarden. Belangrijk uitgangspunt van de arbonormen is dat ze zijn afgestemd op het gezonde, werkende deel van de bevolking, dus exclusief kwetsbare groepen als kinderen en bejaarden.

Uit bovenstaande blijkt al dat beide normenstelsels niet zijn afgestemd op het type blootstelling waaraan een militair gedurende zijn arbeidzame leven staat blootgesteld. Dit is namelijk een combinatie van continue blootstelling (24 uur per dag) gedurende de uitzendperiode (3 tot 6 maanden) en discontinue blootstelling gekoppeld aan specifieke werkzaamheden, waarbij de militair een aantal keren kan worden uitgezonden gedurende de aanstelling. De juiste norm zal dus voor het merendeel van de stoffen ergens tussen de arbo- en milieunorm in liggen. Hiertoe heeft de Amerikaanse Defensie speciale militaire normen ontwikkeld, die zijn afgestemd op het type blootstelling waaraan de militair is blootgesteld. De zogenaamde Military Exposure Guidelines (MEG) die staan vermeld in de Technical Guide 230 (TG 230)<sup>2</sup>. Hierbij zijn MEG ontwikkeld voor kortdurende blootstelling, waarmee het risico op acute effecten kan worden vastgesteld en MEG voor de blootstelling tussen 14 dagen en 1 jaar, waarmee het risico op chronische effecten kan worden vastgesteld.

---

<sup>1</sup> Emissies van schadelijke stoffen bij branden, RIVM, 2007.

<sup>2</sup> USA CHPPM Technical Guide 230, Chemical Exposure Guideline for Deployed Military Personnel version 1.3.

De 1 jaar MEG wordt door de Amerikaanse Defensie omschreven als:

'The airborne concentration for a continuous exposure up to 1 year (365 days, 24 hours/day that is considered protective against all health effects including chronic disease and increased risk to cancer'.

De Arbodienst Defensie gebruikt de 1-year MEG als indicatie van het gezondheidsrisico en gebruikt daarbij tevens de Militaire Grenswaarden Chemische Stoffen (MGCS) die Defensie de afgelopen jaren met TNO heeft ontwikkeld in het onderzoeksprogramma V217. De MGCS zijn – net als de MEG's – advieswaarden om het gezondheidsrisico van militairen indicatief te beoordelen. Deze zijn echter nog niet officieel vastgesteld en hadden tijdens het schrijven van dit onderzoek de status van 'resultaat van wetenschappelijk onderzoek'. De MGCS is afgeleid voor 6 maanden, 24/7 en betreft derhalve chronische blootstelling en effecten.

In dit onderzoek is gebruik gemaakt van alle genoemde normenstelsels. Voor de beoordeling van blootstelling wordt gebruik gemaakt van: de bekende achtergrondconcentratie in Nederland, de MTR, de MEG/MGCS en de arbonorm. Hierbij wordt de MTR gebruikt als veilige referentie, de MEG/MGCS als indicatie waarbij gezondheidseffecten mogelijk zijn en de arbonorm als bovengrens.

## 4 Resultaten

Op 31 oktober 2010 zijn de metingen op KAF gestart. Er is tot 11 december continu gemeten in Area 3&4 vanwege mogelijke overlast door emissie afkomstig van de naastgelegen ovens. Daarnaast is 2 weken gemeten in Area 1&2 vanwege de stofbelasting aldaar. Tevens is gedurende 2 weken gemeten in Kamp Holland.

In dit hoofdstuk worden de resultaten weergegeven van het onderzoek. Een overzicht van de belangrijkste meetresultaten staat in bijlage 1.

### 4.1 Omstandigheden

Door de HPG-specialisten zijn diverse waarnemingen genoteerd met betrekking tot de omstandigheden tijdens de metingen. In de meetperiode varieerde de temperatuur tussen -5 en 26 °C. De weersomstandigheden werden overwegend beschreven als zonnig en af en toe wat bewolking. De overheersende windrichting was noord-oost. In de laatste 2 weken draaide de wind aan het einde van de dag richting zuid-west. Bij deze laatste windrichting kan de emissie van de ovens over een klein gedeelte van Area 3&4 komen. De windkracht was steeds ongeveer 2. Ter indicatie: bij een zuid-westen wind kan emissie over Area 3&4 komen, bij een zuid-oosten wind over Kamp Holland en bij een oosten wind over Area 1&2. Tijdens de meetperiode is geen waarneembare (stank)overlast geconstateerd in Area 3&4 vanwege emissie van de verbrandingsovens. Wel werd opgemerkt dat op 8 dagen sprake was van stof in de lucht gedurende enige tijd tot de gehele dag, veroorzaakt door de wind waardoor stofopwerveling.

Area 3&4 ligt ten noorden van de ovens waarbij de werkzaamheden met name ten noord-oosten van de ovens worden uitgevoerd. Dat wil zeggen dat bij een windrichting tussen ca 135 en 225 graden (ZO-Z-ZW) emissie over het gebied kan komen (ruim gerekend). Uit de dagelijkse Amerikaanse meteorologische gegevens van de airstrip van 2008-2010 blijkt dat de wind sterk varieert gedurende een maand en over het jaar. De windsnelheid is gemiddeld 1,7-3,6 m/s per maand (dagvariatie 0-9 m/s). Van november-februari is er met name sprake van wind uit (O)NO, van maart-augustus W/ZW en in september en oktober is de wind sterk variabel (ZW tot NO). Van oktober/november tot en met april is gedurende ca 1-8 dagen/maand de wind uit ongunstige hoek (tussen 135 en 225 graden). Vanaf mei tot september/oktober neemt het aantal dagen toe waarop de gemiddelde windrichting tussen 135 en 225 graden ligt (ca 10-16 dagen/maand), waarbij in de berekening een ruime marge is aangehouden wat betreft de windrichting (worst case benadering). In deze laatste periode is derhalve de kans het grootst dat de emissie over Area 3&4 komt. Tevens is in deze periode de kans het grootst op windstille dagen; in juni en juli 2008 is dit gedurende maximaal 8 dagen/maand

gemeten. Tijdens windstille dagen blijft de emissie als een deken boven het kamp hangen en wordt overlast ervaren, volgens betrokkenen. Van december tot mei valt de meeste regen (5-10 dagen/maand). Op basis van de Amerikaanse gegevens is van april/mei tot oktober het aantal dagen waarop in meer of mindere mate sprake is van "stoffigheid" het grootst (circa 25 dagen/maand, omschrijving: dust storm, blowing sand/dust). De mate en duur is echter niet beschreven.

Naast de meteorologische omstandigheden is mede van invloed op de mogelijke blootstelling: de (variabele) hoogte van de afrastering tussen de ovens en Area 3&4 (1-4 containers hoog), de hoogte van de pijp van de ovens en de weersomstandigheden voor wat betreft de vorming van inversielagen. Daarnaast is uiteraard zeer bepalend: de samenstelling van het afval en de hoeveelheid afval die wordt verbrand. Daarop lijkt weinig tot geen zicht te zijn.

## **4.2 PM10**

De fractie PM10 is gemeten in Area 3&4 (locatie A en B) en in Kamp Holland (locatie F, G, H). De concentraties zijn 24-uurs gemiddelden. De concentratie PM10 in Area 3&4 is hoger op locatie A dan B. Dit komt voornamelijk door de activiteiten die plaatsvinden op locatie A waarbij stofopwerveling kan plaatsvinden. De concentratie in Kamp Holland op locatie F is vergelijkbaar met locatie A. De concentratie in de chalets is enigszins lager, maar nog altijd ruim hoger dan de huidige MEG (voor 14 dagen-1 jaar).

In een revisie document van TG230 (USACHPPM, status: provisional, juni 2010) worden voor PM10 en PM2.5 nieuwe MEG's voorgesteld, uitgesplitst naar ernst van het gevaar: verwaarloosbaar, marginaal en kritisch. Voor PM10 is de voorgestelde 24hr MEG voor de 3 gevaarscategorieën respectievelijk 250, 420 en 600  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Boven de 600  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  wordt aangenomen dat een groot deel van het personeel oog-, neus- en keel-irritatie en luchtwegklachten ervaart en de aërobe capaciteit is verminderd waardoor taken mogelijk niet kunnen worden uitgevoerd dan wel uitval kan optreden, zeker bij astmatici of personen met een cardiopulmonaire aandoening. Inspanning kan het effect verergeren. Een concentratie boven 600  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  verergert het aantal en de ernst van de klachten. Vanwege gebrek aan bewijs voor een relatie tussen het optreden van gezondheidseffecten en langdurige blootstelling is alleen een short-term (24 uur) MEG vastgesteld voor PM10. De PM10 fractie wordt met name in verband gebracht met acute, reversibele effecten; gezondheidseffecten door langdurige blootstelling worden met name in verband gebracht met de fractie PM2.5.

De 24-uurs gemiddelde meetdata variëren tussen  $<1$  en 1320  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Op de verschillende meetlocaties is het gemiddelde maximaal 555  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , dit is hoger dan de achtergrondconcentratie in Nederland, de MTR en de huidige MEG, maar lager dan de voorgestelde "critical" MEG van 600  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en de arbonorm. In totaal is 21%

van het aantal monsters hoger dan  $600 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Het optreden van (reversibele) gezondheidseffecten door blootstelling aan PM10 is daarmee niet uit te sluiten.

#### 4.2.1 *Metalen*

In totaal zijn 12 monsters geanalyseerd op de aanwezigheid van zware metalen: 8 monsters in Area 3&4, 1 monster in Area 1&2 en 3 monsters op Kamp Holland. De volgende zware metalen zijn gemeten: chroom, mangaan, nikkel, koper, zink, arseen, cadmium en lood. Indien van toepassing wordt aangegeven hoe de gemeten concentratie zich verhoudt tot de desbetreffende norm, als percentage of als factor.

##### 4.2.1.1 Chroom

De concentratie chroom is in drie monsters boven de achtergrondconcentratie in Nederland. Dit is in Area 3&4 (n=2) en in Area 1&2. In Area 3&4 is de concentratie eenmaal hoger dan de MGCS (factor 1,2), maar ruim lager dan de MTR (61%) en MEG (0,3%). In 9 monsters is de concentratie lager dan de rapportagegrens en daarmee lager dan de arbonorm, MEG, MGCS en MTR.

##### 4.2.1.2 Mangaan

Bij 10 metingen is de concentratie mangaan hoger dan de rapportagegrens en tevens hoger dan de achtergrondconcentratie in Nederland, zowel in Area 3&4 als in Kamp Holland en Area 1&2. Viermaal wordt de MTR overschreden in Area 3&4 (maximaal factor 1,9) maar de MEG wordt niet overschreden (maximaal 84%). Mangaan is van nature aanwezig in de bodem; blootstelling wordt met name verhoogd door opwerveling van stof.

##### 4.2.1.3 Nikkel

In Area 3&4 is viermaal de concentratie nikkel hoger dan de achtergrondconcentratie in Nederland waarvan driemaal hoger dan de MTR (maximaal factor 2) maar ruim lager dan de MEG (0,1%). De overige concentraties zijn onder de rapportagegrens en daarmee lager dan de arbonorm, MEG en MTR.

##### 4.2.1.4 Koper

In Area 3&4 is viermaal de concentratie koper hoger dan de rapportagegrens waarvan eenmaal hoger dan de achtergrondconcentratie in Nederland. Deze concentratie is ruim lager dan de MGCS (86,5%) en de MTR (17%). Er is geen MEG.

##### 4.2.1.5 Zink

Vijfmaal is in Area 3&4 de concentratie zink hoger dan de rapportagegrens waarvan eenmaal boven de achtergrondconcentratie in Nederland maar ruim lager dan de MEG (0,02%). In Area 1&2 is de concentratie zink eveneens hoger dan de achtergrondconcentratie maar ruim lager dan de MEG (0,03%). Er is geen MTR, MGCS of arbonorm bekend.

##### 4.2.1.6 Arseen

Eenmaal is de concentratie arseen in Area 3&4 hoger dan de achtergrond en de MTR (factor 1,5) maar ruim lager dan de MEG (0,8%) en MGCS (21%). De overige

concentraties zijn onder de rapportagegrens; deze rapportagegrens verschilt per monster maar is min of meer vergelijkbaar met de MTR en ruim lager dan de arbonorm, MEG en MGCS.

#### 4.2.1.7 Cadmium

Alle gemeten cadmium concentraties zijn lager dan de rapportagegrens van de analysemethode welke ruim lager is dan de arbonorm, MEG, MGCS en MTR.

#### 4.2.1.8 Lood

In Area 3&4 is de concentratie lood viermaal hoger dan de rapportagegrens. Tweemaal wordt de achtergrondconcentratie in Nederland overschreden. Deze concentraties zijn echter ruim lager dan de MTR (maximaal 9%), MEG (max 3%) en arbonorm (max 0,03%). De overige concentraties zijn onder de rapportagegrens en daarmee lager dan de achtergrondconcentratie in Nederland.

#### 4.2.1.9 Samenvatting zware metalen

De concentratie zware metalen is met name detecteerbaar in Area 3&4. Hier is tevens de PM10 concentratie het hoogst. In 3 van de 12 monsters is de concentratie zware metalen niet detecteerbaar of slechts voor één component.

Alle concentraties zijn zeer ruim onder de arbonorm. De concentratie van de afzonderlijke zware metalen overschrijdt de MEG en/of MGCS niet, voor zover afgeleid. De MTR wordt overschreden voor mangaan; voor arseen ligt de rapportagegrens rondom het MTR.

Voor mangaan worden het meest frequent detecteerbare concentraties gevonden. Mangaan is van nature aanwezig in de bodem en de concentratie in lucht wordt met name verhoogd door opwerveling van stof. Hoge beroepsmatige blootstelling wordt in verband gebracht met (neuro)toxische effecten; deze concentraties waren echter een factor 100 hoger dan de huidige MEG.

De concentraties zware metalen welke lager zijn dan de rapportagegrens van de analysemethode *kunnen* hoger zijn dan de achtergrondconcentratie maar zijn over het algemeen lager dan de MTR. De rapportagegrens van het monster genomen in Area 1&2 ligt hoger vanwege de kortere meettijd en het lagere volume doorgezogen lucht.

Bij de gemeten luchtconcentraties wordt het gezondheidsrisico door blootstelling aan zware metalen verwaarloosbaar geacht.

#### 4.2.2 PAK's

PAK's bestaan uit meerdere componenten, waaronder benzo(a)pyreen (BaP). BaP wordt gebruikt als een indicatorstof voor het gehele PAK-mengsel. De concentratie PAK's is gemeten in 6 monsters, viermaal in Area 3&4 en tweemaal in Kamp Holland. De concentratie is eenmaal detecteerbaar, is hoger dan de MTR (factor 1,7) maar ruim lager dan de MEG/MGCS (0,03%) en de arbonorm (0,3%). De

rapportagegrens ligt voor 4 monsters hoger dan de MTR, maar is ruim lager dan de arbonorm, MEG en MGCS.

De monsters zijn geselecteerd voor analyse op PAK's vanwege de waarneming dat er sprake was van veel zichtbare rook (eenmaal) en een relatief hoge gemeten stofconcentratie. Dit is echter niet terug te zien in de resultaten. Naast de emissie van de ovens is het aannemelijk dat blootstelling aan PAK's tevens wordt veroorzaakt door o.a. de generatoren.

Bij de gemeten luchtconcentraties wordt het gezondheidsrisico door blootstelling aan PAK's verwaarloosbaar geacht.

#### 4.2.3

##### *Dioxines*

Dioxines kunnen vrijkomen bij verbrandingsprocessen. Dioxines zeer persistent en zullen na vorming nauwelijks worden afgebroken. In theorie is het dus mogelijk dat door langdurige depositie accumulatie kan ontstaan op het bodemoppervlak. Opwerveling van stof kan dus eveneens leiden tot blootstelling aan dioxines.

Er zijn 2 monsters geanalyseerd op aanwezigheid van dioxines. Voor alle afzonderlijke componenten geldt dat de concentratie lager is dan de rapportagegrens. Voor elke component is de TEQ berekend rekening houdend met de TEF (Toxicity Equivalency Factor) en uitgaande van de rapportagegrens (worst case benadering). Deze TEQ's worden opgeteld om te komen tot de 2,3,7,8-TCDD TEQ concentratie. Voor beide monsters komt dit neer op een concentratie van maximaal 0,002 ng/m<sup>3</sup>. De berekende *maximale* concentratie op basis van de detectielimiet is daarmee hoger dan de achtergrondconcentratie in Nederland (25 fg TEQ/m<sup>3</sup>), lager dan de MEG (circa 2%) en de arbonorm (circa 20%). Er is geen MTR en MGCS.

Uitgaande van bovenstaande sommatie, een ingeademd luchtvolume van 20 m<sup>3</sup> per dag en een gemiddeld gewicht van 75 kg zou een militair een maximale Total Daily Intake (TDI) hebben van 0,58 pg per dag per kg lichaamsgewicht. Dit is lager dan de TDI van de World Health Organisation (WHO) van 1- 4 pg per dag per kilogram gewicht.

Een indicatie van de blootstelling op basis van 2 monsters geeft geen aanleiding tot het veronderstellen van een gezondheidsrisico door blootstelling aan dioxines.

### **4.3 PM2.5 en kwarts**

In Area 1&2 is de concentratie PM2.5 stationair gemeten gedurende 8 uur/dag. Op de naastgelegen zandweg vinden veel transportbewegingen plaats wat leidt tot stofopwerveling. Tevens dragen de eigen werkzaamheden hieraan bij. De gemeten concentraties (n=13) zijn allen hoger dan de achtergrondconcentratie in Nederland (in 2008), de MTR en de huidige MEG (maximaal factor 8) maar lager dan de



arbonorm (6,6%). De arbonorm betreft echter een grovere fractie (PM4.25) dan PM2.5. Een eventuele arbonorm voor PM2.5 zou enigszins lager zijn.

Voor PM2.5 is een gewijzigde benadering voorgesteld door USACHPPM (provisional TG 230, 2010). Voor 24-uurs concentraties zijn de concentraties voor verwaarloosbaar risico, marginaal en kritisch respectievelijk 65, 250 en 500  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Tevens is een 1-year-MEG voorgesteld voor een verwaarloosbaar (15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en een marginaal risico (65  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) gericht op chronische effecten. De omschrijving bij marginaal is "With repeated exposures above this, it is plausible that development of chronic health conditions such as reduced lung function or exacerbated chronic bronchitis, chronic obstructive pulmonary disease (COPD), asthma, atherosclerosis, or other cardiopulmonary diseases could occur in generally healthy troops. Those with a history of asthma or cardiopulmonary disease are considered to be at particular risk. This guideline is an uncertain screening value—it is not a known health effects concentration."

De gemeten concentraties zijn allen hoger dan de 1-year-MEG. De MEG voor PM2.5 is tot stand gekomen door consensus en wordt gezien als vertrekpunt voor nader onderzoek, dit betreft geen actie niveau. Daarnaast is de duur van de blootstelling minder dan 1 jaar continu. Blootstelling aan PM2.5 wordt met name in verband gebracht met chronische effecten zoals een verminderde longfunctie, chronische bronchitis en cardiopulmonaire aandoeningen. De MEG is niet gezondheidskundig onderbouwd maar geldt meer als een screeningswaarde vanwege de onzekerheden. Bij chronische blootstelling aan de gemeten concentraties PM2.5 zijn gezondheidseffecten niet uit te sluiten. De dagwaarde van 500  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  als indicatie voor een duidelijke toename in acute effecten wordt niet overschreden.

In 5 monsters is tevens de concentratie kwarts bepaald. Deze concentratie was ruim lager dan de arbonorm (maximaal 16%). Er zijn geen andere normen bekend voor kwarts. Aangezien men niet 24 uur/dag verblijft in Area 1&2 maar alleen gedurende de uitvoering van de werkzaamheden geeft de vergelijking met de arbonorm een goede indicatie. Echter, ook buiten deze werkzaamheden vindt blootstelling plaats aan (zand)stof en derhalve kwarts. Dit is niet inzichtelijk waardoor een risicobeoordeling voor de militair tijdens de uitzending niet kan worden vastgesteld. De norm voor kwarts is vastgesteld voor de respirabele fractie (PM4.0); deze fractie is enigszins grover dan PM2.5. Daarmee zal de concentratie kwarts in de praktijk waarschijnlijk iets hoger zijn.

#### **4.4 Gasvormige componenten**

Op 2 locaties in Area 3&4 is gedurende driemaal 2 weken de concentratie gemeten van enkele gasvormige componenten, te weten zwaveldioxide, stikstofdioxide en BTEX. Naast de verbrandingsovens zijn ook andere bronnen te duiden zoals voertuigen en generatoren.

#### 4.4.1 *Zwavedioxide*

Alle monsters geven een concentratie die hoger is dan de achtergrondconcentratie in Nederland. De concentratie zwavedioxide is in 5 monsters min of meer vergelijkbaar; één monster is duidelijk hoger. Hiervoor is geen verklaring. De hoogste concentratie is lager dan de arbonorm (14%), MEG (75%), MGCS (23%) en MTR (78%). Zwavedioxide wordt met name in verband gebracht met acute effecten. De MEG voor een gemiddelde concentratie over 14 dagen bedraagt 500 µg/m<sup>3</sup>. Deze waarde wordt niet overschreden (19,5%).

Op basis van de resultaten wordt een gezondheidsrisico door blootstelling aan zwavedioxide verwaarloosbaar geacht.

#### 4.4.2 *Stikstofdioxide*

Alle monsters geven een concentratie die hoger is dan de achtergrondconcentratie in Nederland (factor 1,3-1,9). Vier monsters zijn tevens hoger dan de MTR (maximaal factor 1,2), maar lager dan de MEG (maximaal 48%), MGCS (max 11%) en arbonorm (max 12%).

Op basis van de resultaten wordt een gezondheidsrisico door blootstelling aan stikstofdioxide verwaarloosbaar geacht.

#### 4.4.3 *BTEX*

De concentratie benzeen is hoger dan de achtergrondconcentratie in Nederland en vergelijkbaar met de MTR. De arbonorm wordt niet overschreden (max 0,2%) evenals de MEG (max 15%).

De concentratie toluen verschilt sterk per meetperiode en locatie. Vanwege de lange duur van de metingen en het gebrek aan specifieke observaties zijn deze verschillen niet te verklaren. Alle concentraties zijn hoger dan de achtergrondconcentratie in Nederland en één concentratie is hoger dan de MTR (factor 1,2) maar lager dan de MEG (6,6%) en de arbonorm (0,2%).

Ook de concentratie ethylbenzeen fluctueert. Vier meetwaarden zijn hoger dan de achtergrond (factor 1,2-3,8), maar ruim lager dan de MTR (max 0,5%), de MEG (max 0,1%) en de arbonorm (max 0,002%).

De concentratie xylenen is in 5 monsters hoger dan de achtergrond (factor 1,1-2,7). De concentratie is echter ruim lager dan de MTR (maximaal 0,9%), de MEG (max 0,07%) en de arbonorm (max 0,004%).

Op grond van de metingen wordt een gezondheidsrisico door blootstelling aan BTEX niet aannemelijk geacht.

#### 4.4.4 *Momentane metingen*

Met een gasmonitor is de concentratie isobutyleen (als indicator voor Vluchtige Organische Componenten, VOC), stikstofdioxide, stikstofmonoxide, koolmonoxide en zwavedioxide gemeten in Area 3&4. Van 24-10 t/m 03-11 zijn enkele kortdurende, indicatieve metingen verricht. Vanaf 6-11 t/m 12-12 is zowel tijdens de dag als de

nacht gemeten (meetperiodes 8-18 uur). In de nacht worden de verbrandingsovens intensiever gebruikt; blootstelling is dan mogelijk voor de personen die wachtlopen. Van 21/11-4/12 is gemeten in de Slowaakse wachttoren, op circa 3-4 meter hoogte. Deze wachttoren staat ca 80 m ten noord-oosten van de ovens en ca 80 m ten zuid-oosten van meetpunt A in Area 3&4. De hier werkzame personen ervaren regelmatig overlast.

De concentraties van de gassen zijn grotendeels niet detecteerbaar. In Area 3&4, locatie A, is tijdens 7 meetdagen, eenmaal gedurende 2 uur de concentratie stikstofoxide detecteerbaar geweest (6:00-8:00 uur). Op locatie D is in 5 dagen tweemaal stikstofoxide gemeten gedurende 5 minuten en 1 uur. Metingen direct naast de ovens en bij het leeghalen van de ovens leveren verhoogde concentraties stikstofoxide; dit zijn slechts kortdurende metingen (maximaal 10 minuten). Om dichter bij de verbrandingsovens te kunnen meten is een aantal dagen gemeten bij de wachttoren van de Slowaken. Op 7 van de 12 meetdagen zijn detecteerbare concentraties gemeten, met name in de avond en de nacht. Dit betreft op één dag stikstofdioxide gedurende 4 perioden van enkele minuten tot een uur, op twee dagen koolmonoxide gedurende respectievelijk een avond en een nacht en VOC wordt op 4 dagen gedetecteerd gedurende maximaal 8 uur. Tijdens 5 dagen is in een chalet gemeten op Kamp Holland; gedurende de avond en nacht was VOC detecteerbaar.

De metingen geven aan dat de verbrandingsovens inderdaad gassen emitteren en dat de windrichting van invloed is. Hoewel de meetwaarden zich niet lenen voor een risicobeoordeling geeft een indicatieve vergelijking met de MEG aan dat de concentraties koolmonoxide en stikstofoxiden lager zijn dan de MEG. Een vergelijking met de metingen in Area 3&4 leert dat de emissie niet direct is terug te vinden in het werkgebied van de Nederlandse militairen tijdens de meetperiode.

## 5 Discussie

De bijdrage van de verbrandingsovens aan mogelijke blootstelling in Area 3&4 lijkt gering in de meetperiode. De vigerende windrichting alsmede de korte afstand tussen de ovens en het gebied en de opgeworpen barrière van containers beïnvloeden mogelijk de concentratie en de verspreiding daarvan. Daarnaast is de wijze van verbranding (volledig dan wel onvolledig) en de samenstelling van het afval bepalend voor de aard en mate van blootstelling. Het feit dat met name 's nachts het afval lijkt te worden verbrand leidt tot een zo min mogelijk aantal direct blootgestelde militairen. In of direct rond de verbrandingsovens zal dit risico mogelijk groter zijn. Werkzaamheden of verblijf in de directe nabijheid van de ovens dienen dan ook zoveel mogelijk te worden voorkomen of zodanig te worden uitgevoerd dat inademing van de emissie, zoveel mogelijk wordt voorkomen. Indien nodig kan hierbij eventueel adembescherming met geschikt filter worden toegepast.

Het verschil in de concentratie PM10 tussen de bemeeten locaties is beperkt. Wel lijkt er een bijdrage te worden geleverd door de werkzaamheden die plaatsvinden in Area 3&4 aangezien de concentraties op de werklocatie hoger zijn dan aan de rand van het gebied. De concentratie in Area 3&4 is slechts enigszins hoger dan in Kamp Holland. Mogelijk wordt op Kamp Holland stofblootstelling veroorzaakt door de naastgelegen airstrip. Zelfs in de chalets worden vergelijkbare concentraties gevonden als buiten. Aanbevolen wordt om speciale filters in de airco-units te plaatsen om de blootstelling te verminderen. Voor een risicobeoordeling kan voor de totale duur van het verblijf in KAF worden uitgegaan van eenzelfde continue stof blootstelling op de base. De concentratie metalen, PAKs en dioxine in het stof geven geen aanleiding tot een mogelijk gezondheidsrisico. In geval van hoge stofconcentraties wordt aangeraden zoveel mogelijk binnen te blijven dan wel stofmaskers te gebruiken om acute effecten zoveel mogelijk te voorkomen. Dit geldt met name tijdens voertuigverplaatsingen en zandstormen.

De concentratie PM2.5 in Area 1&2 is beduidend lager (circa 50%) dan de fractie PM10 zoals gemeten in o.a. Area 3&4. Dit geeft slechts een indicatie voor de deeltjesgrootteverdeling van het stof aangezien geen PM2.5 en PM10 metingen op dezelfde locatie zijn verricht. Er bestaat nog veel discussie aangaande de blootstellingseffect relaties van PM2.5 en PM10. Wel wordt PM10 meer in verband gebracht met acute, reversibele effecten, terwijl PM2.5 relevanter is voor chronische (blijvende) effecten na langdurige blootstelling. Bij *chronische, continue* blootstelling aan de gemeten concentraties PM2.5 zijn gezondheidseffecten niet uit te sluiten. Let wel, de metingen betreffen een periode van 8 uur, waarin extra stofproductie door activiteiten aannemelijk is, terwijl de norm is gebaseerd op continue (24 uur) blootstelling. Zeker gezien de samenstelling van het stof, waarin kwarts, dient blootstelling zoveel mogelijk te worden vermeden. Dit kan door de persoon zelf

(eigen gedrag aanpassen) maar ook door bijvoorbeeld het aanleggen van verharde wegen.

Om meer inzicht te krijgen in de relatie tussen blootstelling en gezondheidseffecten wordt aangeraden een standaard anamneselijst te gebruiken zowel tijdens de uitzending als tijdens postdeployment.

### **5.1 Vergelijking met eerder onderzoek KAF**

In 2005 is onderzoek naar de luchtkwaliteit op KAF verricht door de US. De concentratie PM10 werd gemeten gedurende 24 uur. Tevens is in deze fractie de concentratie van een aantal zware metalen geanalyseerd. Er werd overschrijding van de MEG voor PM10 geconstateerd; dit betrof alle monsters (gemiddelde concentratie  $670 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). De concentratie mangaan was eveneens verhoogd (gemiddeld  $320 \text{ng}/\text{m}^3$ ).

Acute gezondheidseffecten worden in een werkomgeving pas waargenomen bij concentraties die een factor 100 hoger zijn dan de MEG. Tevens werd in slechts 50% van de monsters een detecteerbare concentratie vastgesteld waardoor geen sprake is van continue blootstelling. Derhalve werd het risico verwaarloosbaar geacht.

Zowel de concentratie PM10 als de concentratie mangaan was hoger dan de concentratie gevonden in het huidige onderzoek.

In mei 2009 is door de Britten de luchtkwaliteit op KAF, OP Herrick, gemeten. De concentratie PM10 (24 uur gemiddeld)  $0,5\text{-}4,0 \text{mg}/\text{m}^3$ ; de concentratie PM2.5 van  $0,21\text{-}0,59 \text{mg}/\text{m}^3$ . Tevens is de concentratie van een aantal zware metalen bepaald in stof- en veegmonsters; nagenoeg alle resultaten waren onder de detectiegrens ( $<0,001 \text{mg}/\text{m}^3$ ). Op basis van een vergelijking met de Workplace Exposure Limit (EH40 WEL) werd geen risico geconstateerd. De concentraties zijn echter wel hoger dan de National Air Quality Standards en de daarvan afgeleide MEG. Tevens werden piekblootstellingen aan stof geconstateerd tijdens transport en zandstormen/harde wind. Onnodige blootstelling dient zoveel mogelijk te worden vermeden met maskers en reductie van de buiten werkzaamheden. Er werden geen risicovolle VOC concentraties aangetroffen op basis van een vergelijking met de WEL, de door de Britten geselecteerde adequate grenswaarde vanwege de beperkte duur van de blootstelling en de relatief gezonde militaire populatie.

De minimale concentraties zoals gemeten in het huidige onderzoek waren voor PM10 en PM2.5 ruim lager dan in het Britse onderzoek; ook de maximale concentraties waren lager.

In 2007 is een toxicologische review opgesteld op basis van eerder onderzoek uitgevoerd op Kandahar door de Canadese Force Health Protection. Meer dan 300 monsters zijn genomen en geanalyseerd op PM10, zware metalen, PAK's, VOC, kristallijn silica en asbest. In 2002 en 2005 varieerde de concentratie PM10 van 40-

350  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . In 2007 was de gemiddelde concentratie 320  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (spreiding 100-570  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Het verschil in resultaten wordt met name verklaard door een verschil in meetapparatuur waarbij sprake zou zijn van een overschatting in 2007. Acute effecten zijn aannemelijk bij de gemeten concentraties, maar chronische effecten zijn niet te verwachten. De concentratie zware metalen, PAK's, VOC, kristallijn silica en asbest zijn ofwel lager dan de detectielimiet van de analysemethode, ofwel lager dan de TLV-TWA (Threshold Limit Value-Time weighted Average), de norm voor beroepsmatige blootstelling. Derhalve wordt het gezondheidsrisico voor deze componenten verwaarloosbaar geacht op basis van de arbonorm. Vergelijking met deze norm wordt acceptabel geacht en beschouwd als conservatief mede aangezien de blootstellingsperiode tijdens deployment veel korter is dan een arbeidszaam leven. Overall wordt geconcludeerd op basis van de beschouwde meetgegevens dat geen significante gezondheidseffecten te verwachten zijn.

Door het Department of Defense, VS (mei 2010) is een analyse gemaakt van epidemiologische studies naar blootstelling aan emissies afkomstig van een burnpit tijdens uitzendingen. De meetgegevens zijn afkomstig uit Irak, Koeweit en Korea. Hoewel er sprake is van duidelijke onzekerheden en aannames leverde de epidemiologische benadering geen bewijs voor een verhoogd risico op luchtwegklachten (binnen een straal van 5 mijl van de burnpit), ook niet na jaren post-deployment. Vervolg onderzoek zou gericht moeten zijn op een verbetering van de aard en omvang van de blootstellingsgegevens evenals de gezondheidseffecten op de langere termijn. Opgemerkt dient te worden dat de condities en mogelijke emissie bij burnpits en verbrandingsovens verschillen, waarbij in het geval van ovens meer sprake is van gecontroleerde verbranding, emissie via een pijp hoger in de lucht en derhalve andere concentraties op leefniveau en een andere verspreiding van de verontreiniging.

Een vergelijking van de huidige meetresultaten met eerder onderzoek toont aan dat de huidige meetwaarden enigszins hoger waren voor PM10 in vergelijking met het Canadese onderzoek, maar lager in vergelijking met het Amerikaanse en Britse onderzoek.

## 6 Conclusies en aanbevelingen

### 6.1 Conclusie

Tijdens het onderzoek op KAF (november-december 2010) zijn op het Nederlandse gedeelte van de compound geen risicovolle luchtconcentraties PAKs, dioxine, zware metalen en gasvormige componenten (zwaveldioxide, stikstofoxiden en BTEX) aangetroffen die afkomstig kunnen zijn van de verbrandingsovens.

De dagconcentratie PM10 is hoger dan de achtergrondconcentratie in Nederland, de MTR en de huidige militaire grenswaarde (MEG), maar lager dan de arbonorm. Ook de voorgestelde "critical" MEG wordt geregeld overschreden. Het optreden van acute, reversibele gezondheidseffecten zoals luchtwegklachten is derhalve niet uit te sluiten. Voor een risicobeoordeling gericht op chronische effecten is de fractie fijn stof (PM2.5) meer relevant.

Voor PM2.5 wordt een overschrijding van de achtergrondconcentratie in Nederland, de MTR en de (voorgestelde) jaargemiddelde MEG geconstateerd. Deze MEG is afgeleid voor zogenaamde marginale risico's en betreft een screeningswaarde, geen actieniveau. Bij *chronische, continue* blootstelling aan de gemeten concentraties PM2.5 zijn gezondheidseffecten niet uit te sluiten. Kanttekening hierbij is dat de metingen een periode van 8 uur betreffen, waarin extra stofproductie door activiteiten aannemelijk is, terwijl de norm is gebaseerd op 24 uur blootstelling. De *dagconcentratie* PM2.5 geeft geen verhoogd risico op acute effecten. De concentratie kwarts is lager dan de arbonorm gedurende de werkzaamheden in Area 1&2. Echter, blootstelling is aannemelijk gedurende 24 uur per dag; het volledige patroon is niet inzichtelijk.

Er was geen duidelijk verschil in blootstelling aantoonbaar tussen dagen, waarbij op basis van de omstandigheden hogere of lagere blootstelling werd verwacht. Iedere militair in Afghanistan zal tijdens de uitzending gemiddeld een hogere blootstelling aan stof krijgen dan in Nederland. De uiteindelijke blootstelling is daarbij mede afhankelijk van de functie en de werkzaamheden van de desbetreffende militair.

Een indicatieve vergelijking van de huidige meetresultaten met eerder onderzoek te Kandahar toont aan dat de huidige meetwaarden enigszins hoger waren voor PM10 in vergelijking met een Canadees onderzoek, maar lager in vergelijking met een Amerikaans en Brits onderzoek.

## **6.2 Aanbevelingen**

Gelet op het potentiële risico van afvalverbranding is het belangrijk om bij nieuwe compounds dit gezondheidsrisico tijdig te onderkennen, te voorkomen of reduceren en/of te onderzoeken.

De meteorologische omstandigheden fluctueren sterk gedurende het jaar. Aanbevolen wordt om tevens blootstellingsmetingen uit te voeren gedurende een periode waarbij sprake is van ongunstiger omstandigheden (windrichting, windsnelheid).

Door het aanbod van afval zoveel mogelijk te reduceren, goede verbrandingscondities te creëren en rekening te houden met meteorologische omstandigheden kan het risico zo klein mogelijk worden gehouden. Dit kan worden bereikt door zo min mogelijk afval te verbranden bij ongunstige windrichting, voldoende afstand te behouden tot de plaats van verbranding en schadelijke stoffen als plastics, autobanden en bedrijfsstoffen zoveel als mogelijk uit de afvalstroom te verwijderen.

Om de stofbelasting zoveel mogelijk terug te dringen zijn zowel persoonlijke als algemene maatregelen aan te bevelen. Blootstelling aan stof treedt vooral op tijdens zandstormen en bij opwaaiend stof door voertuigverplaatsingen. Door het verharderen van wegen en landingsplaatsen in en bij de militaire basis wordt de stofbelasting teruggedrongen. Waar mogelijk dienen stoffilters in de aircó's van de slaapvertrekken te worden geplaatst. Voor het personeel dienen stofmaskers beschikbaar te zijn. Tijdens piekblootstellingen wordt geadviseerd binnen te blijven of een stofmasker met P3-filter te dragen. Personeel dient tijdens het opwerkprogramma en ter plaatse voorgelicht te worden over het doel van deze maatregelen door de specialist Hygiëne en Preventieve Gezondheidszorg (HPG) of door de arts. Met bovenstaande maatregelen kan de stofbelasting, binnen de beperkte mogelijkheden in een operationele omgeving, zoveel mogelijk worden gereduceerd.

Aanbevolen wordt (langdurige) monitoringsprogramma's op te zetten om inzicht te krijgen in de blootstelling gedurende de (gehele) uitzendperiode. Daarnaast dient het voortschrijdend wetenschappelijk inzicht te worden gevolgd ten behoeve van een adequate, actuele risicobeoordeling.



## Literatuur

Air Quality Survey: Kandahar Airfield, OP Herrick, Afghanistan. Army Medical Directorate Environmental Monitoring Team, UK, 2009.

Circulaire bodemsanering, 2009.

Databank Grenswaarden Stoffen op de Werkplek, 2010.

Epidemiological Studies of Health Outcomes among Troops Deployed to Burn Pit Sites. Department of Defense, USA, may 2010.

Memorandum Transmittal of Results for Deployment Occupational and Environmental Health Risk Characterization Kandahar Airfield Afghanistan, APO AE 09355. US Army Center for Health Promotion and Preventive Medicine, 2005.

RIVM report 609021051/2007. Emissies van schadelijke stoffen bij branden. M.G. Mennen en N.J.C. van Belle, 2007.

Technical Guide 230, Chemical Exposure Guidelines for Deployed Military Personnel, US Army Center for Health Promotion and Preventive Medicine, 2003.

Technical Guide 230 (provisional), Environmental Health Risk Assessment and Chemical Exposure Guidelines for Deployed Military Personnel, USAPHC, June 2010 revision.

Toxicological Review of Environmental Samples Taken in 2007 from Kandahar and FOBs in Support of OP ATHENA. Director Force Health Protection, Health Services Group, Ottawa, Canada, 2008.